

С. Я. БЕСПРОЗВАНА

ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВОЙСТВ ЗОЛЫ

В процессе жизнедеятельности растительных организмов исключительно важную роль играет корневая система.

Изучением корней растений занимались ученые у нас и за рубежом. В частности, в России эти работы развертываются в конце XIX века В. В. Докучаевым и его ближайшими последователями Г. И. Танфильевым и Г. Н. Высоцким (Шалыт, 1960). Но количество таких работ было сравнительно невелико и они носили описательный характер.

До настоящего времени биологии корней уделяется недостаточно внимания, хотя значение корней в формировании надземной части трудно переоценить. Отчасти это объясняется тем, что корни недоступны непосредственным наблюдениям. Взаимоотношения корней с почвой очень сложны. Сам процесс выделения корней из почвы затруднен, чем очевидно и объясняется то положение, что до сих пор нет четкого представления о расположении корневой системы в более глубоких слоях почвы и по этому вопросу существуют различные взгляды.

В проводимой нами работе по закреплению растениями пылящей поверхности промышленных отвалов вопрос формирования корневых систем представляет первостепенный интерес.

Стационары, на которых в течение 6 лет проводились наблюдения, расположены на двух золоотвалах — Красногорской ТЭЦ (КТЭЦ) и Южно-Уральской ГРЭС (ЮУГРЭС).

Зола обоих золоотвалов — субстрат бесструктурный, пылевидный с неустойчивым температурным режимом, лишенный азота, содержит в небольших количествах фосфор и калий. Реакция среды нейтральная или слабощелочная. Микробиологическая деятельность на свежих золоотвалах обычно отсутствует.

Различия субстратов состоят в том, что водный режим золоотвала КТЭЦ более благоприятен для роста и развития растений, в золе КТЭЦ содержится больше фосфора и калия, она равномернее измельчена, содержит меньше частиц шлака, чем зола ЮУГРЭС.

Цель данной работы проследить формирование и рост корневых систем люцерны синегибридной, эспарцета песчаного и донника белого на двух типах золоотвалов.

Естественно предположить, что необычные условия произрастания существенно влияют на рост и развитие растений и в том числе на формирование корневых систем, находящихся под непосредственным влиянием зольного субстрата.

В течение вегетационного периода в каждую фазу траншейным методом откапывалось десять растений на всю глубину залегания корней. При откопке корней отмечались наибольшая глубина залегания, зона распространения корней в стороны, горизонт расположения большинства корней. Корни отмывались на ситах и взвешивались. Далее измерялись толщина корневой шейки, длина главного корня, проводился подсчет скелетных корней, измерялась их толщина и длина.

Одновременно проводилось взвешивание надземной массы, чтобы выяснить соотношение между частями растений.

Полученные данные позволяют сделать ряд выводов о характере корневых систем бобовых в условиях зольного субстрата.

Корневая система изучаемых нами культур* (люцерна синегибридная, эспарцет песчаный и донник белый) в обычных почвенных условиях стержневая, глубоко проникающая в почву, достигающая большой мощности, обильно ветвящаяся и не отмирающая длительный период времени (Тарковский, Константинова, Шаин и другие, 1964).

Максимальная глубина проникновения корней люцерны 5, 10, 15 и даже 21 м (Модестов, 1932; Попов и Тарковский, 1939; Ротмистров, 1939; Карашук и Тихонов, 1950; Ларин, Агабабян, Работнов и др., 1951). П. В. Лебедев и Н. П. Углов (1961) пишут, что уже в 1-й год жизни корни люцерны достигают глубины 1—2 м, а в последующие годы до 10 м.

Корни эспарцета, по Н. М. Савельеву (1951), в Сибири углубляются на 3—5 м. М. Ф. Гладкий (1950) пишет, что главный корень эспарцета достигает 3—6 м. А. И. Скрепинский (1951) в Саратовской области наблюдал проникновение корней эспарцета на глубину 2 м. В условиях Пермской области, по данным А. М. Овеснова (1959), корни эспарцета расположены на глубине 70—150 см.

Так же как и две предыдущие культуры, донник белый имеет глубоко проникающую корневую систему. Опыты Т. Д. Мамлиной (1956) показали, что в 1-й год жизни глубина проникновения корней донника 100—120 см, а во 2-й год 130—150 см. Г. М. Мчедlishvili (1962) утверждает, что корни донника могут достигать 2,5 м.

В этом, очевидно, причина способности люцерны, эспарцета и донника переносить неблагоприятные условия жизни, длительные периоды низких температур почвы и воздуха, значительную воздушную и почвенную засуху.

Растения бобовых развивают в пахотном горизонте большое количество корней. Корневая система симбиотирует с клубенько-

выми бактериями, способствует растворению трудно растворимых солей в глубоких слоях почвы и подает их в верхние горизонты, создает и улучшает структуру почв.

И. В. Ларин (1956) пишет, что корни бобовых содержат в 2,5 раза больше кальция и в 1,5 раза больше азота, чем злаковые, что существенно улучшает структуру и обогащает зольный субстрат.

Корневая система бобовых, выросших в условиях зольного субстрата, во многих отношениях отличается от корней растений в обычных почвенных условиях. Причем различные зольные субстраты накладывают свой отпечаток на формирование, рост и жизнедеятельность корневых систем.

Глубина проникновения корней

На протяжении первого вегетационного периода корни бобовых на обоих золоотвалах достигают глубины не более 20 см, в то время как за тот же период в почвенных условиях глубина их проникновения равняется 98 см.

Со 2-го года жизни и в последующие годы темп и характер проникновения корней в глубину резко различен на разных типах золоотвалов.

В золе Красногорской ТЭЦ, которая по своим химическим, физическим и механическим свойствам более благоприятна для произрастания растений, создаются условия для равномерного проникновения корней в глубину и распространения их в стороны (табл. 1).

Таблица 1

**Расположение корневой системы люцерны синегибридной по годам жизни
(золоотвал КТЭЦ)**

Годы жизни	Наибольшая глубина проникновения корней, см	Горизонт залегания большинства корней, см
1-й	30	0—10
2-й	55	0—37
3-й	115	15—50
4-й	150	15—60
5-й	170	15—80

Исходя из данных табл. 1 можно говорить о постепенном углублении корней на золоотвале КТЭЦ. На 5-й год жизни корни люцерны достигают значительной глубины (170 см) и горизонт расположения наибольшего количества корней достаточно велик — 15—80 см. Таким образом, корневая система растений полностью расположена в зольном субстрате, подвержена влиянию режима золоотвала.

Совершенно иначе ведет себя корневая система бобовых культур, в том числе и люцерны, на золоотвале ЮУГРЭС.

За 4 года наблюдений не удалось отметить углубления корней более, чем на 40 см (рис. 1). Обычная глубина, которой достигают корни на золоотвале ЮУГРЭС, 38—40 см. Достигнув указанной глубины, корни приостанавливают свой рост и на концах начинают усиленно ветвиться.

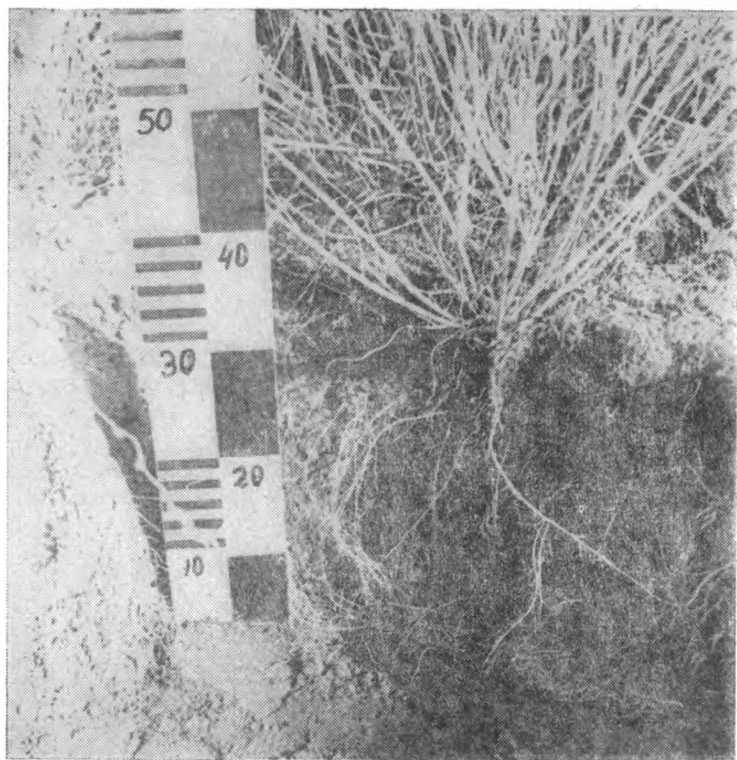


Рис. 1. Корни бобовых растений не углубляются на золоотвале более чем на 40 см.

На золоотвале КТЭЦ в условиях Свердловской области посевы эспарцета дважды вымерзали. На золоотвале ЮУГРЭС эспарцет в течение 4 лет растет благополучно. Но глубина проникновения корней его так же незначительна, как глубина проникновения корней люцерны.

В 1-й год жизни корни эспарцета углубились лишь на 12—14 см, а во 2-й и 3-й годы до 38 см.

Соответственно предыдущим культурам и у донника на золоотвале ЮУГРЭС глубина залегания корней значительно меньше, чем на почве, она достигает 37 см. На золоотвале КТЭЦ корни его

в 1-й год жизни располагались на глубине 20 см, а во 2-й год жизни достигли 78 см. .

Следовательно, даже на более благоприятном из золных субстратов — золе КТЭЦ, корни донника уходят вглубь в 2—3 раза меньше, чем на почве.

В обычных почвенных условиях корни бобовых проникают на большую глубину, направляясь к более обводненным горизонтам почвы. Н. В. Станков (1964) пишет, что в почве с неравномерной влажностью корень растет в сторону большей увлажненности. Рост корня в сухой почве приостанавливается. В условиях золоотвала влажность очень мала и с глубиной возрастает незначительно. Основным источником влаги на золоотвале — атмосферные осадки. Поэтому корневая система растений располагается близко к поверхности почвы.

Кроме того, почвенное покрытие является наиболее доступным источником питания для растений.

В первый и последующие годы жизни проникновение корней на стационаре КТЭЦ гораздо большее, чем на стационаре ЮУГРЭС. Объясняется это, очевидно, различным водным режимом на отвалах. Влажность золного субстрата на КТЭЦ в течение всех вегетационных периодов была выше, чем на ЮУГРЭС. Большое значение здесь имеет химический различный для обоих золоотвалов состав золы и ее механические свойства.

В. П. Мосолов (1950) утверждает, что чем рыхлее почва, тем глубже проникают корни растений, равномерно распределяясь в ней. Очевидно, рыхлость золного субстрата не имеет в наших условиях решающего значения, несмотря на рыхлый субстрат, корни большой глубины не достигают.

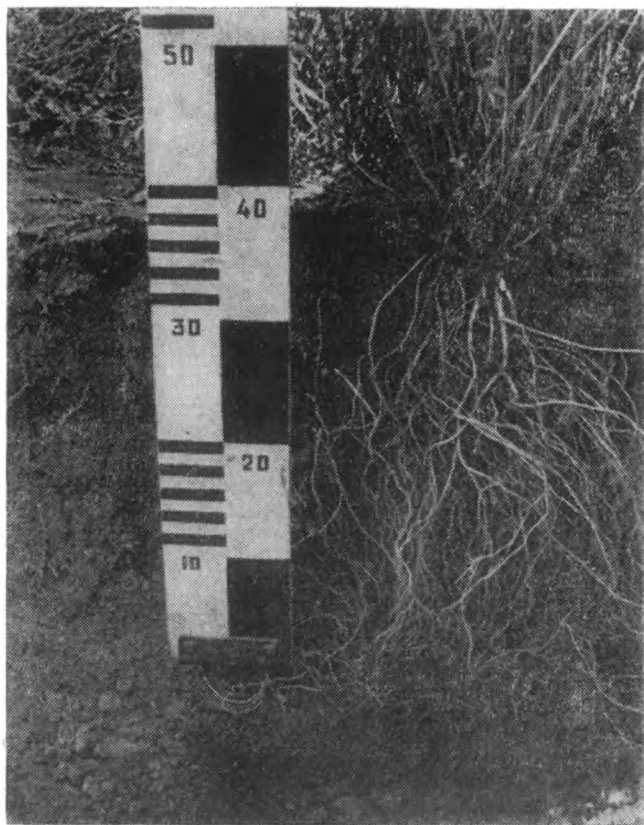
В литературе существует мнение (Потапов, 1934; Бейдеман, 1938; 1939; Авдонин, 1940), что корневая система развивается более интенсивно при недостатке питательных веществ в почве. Бедность основными питательными веществами и низкая влагообеспеченность почвы заставляют растения развивать значительную корневую систему, способную пронизывать довольно большой объем субстрата.

Результаты наблюдений, полученные на золоотвалах, не согласуются с этим мнением. На более плодородном, с лучшим водным режимом, золоотвале КТЭЦ корни достигают большей глубины, следовательно пронизывали больший объем золы. На золоотвале ЮУГРЭС, более сухом и бедном основными элементами питания растений, все изучаемые культуры развивали корневую систему на небольшой глубине.

Форма корневой системы

И. И. Колосов (1962) отмечает, что недостаток питания, особенно азотного, приводит к более сильному разрастанию и вытягиванию основных зародышевых и узловых корней, что создает впе-

чатление более мощного развития корневой системы. Более внимательное изучение показывает, что в таких условиях уменьшается образование боковых корней. Это связано с подавлением роста и деятельности надземных органов растения, приводящих к уменьшению оттока в корневую систему углеводов и других органических веществ, необходимых для роста корней.



Р и с. 2. Корневая система люцерны синегибридной на золотвале ЮУГРЭС.

По утверждению авторов, изучавших люцерну, ее корневая система имеет стержневой корень и большое количество боковых корней (5—15) разной длины.

Исследование люцерны разных возрастов, выращенной на золотвалах показывает, что ее корневая система теряет стержневую форму. Это сказывается в том, что главный корень люцерны прекращает рост в длину. Боковые же корни по своей длине все прибли-

зительно равны и часто длиннее главного корня. Создается впечатление разнзначности корней в системе (рис. 2). Это торможение роста главного корня заставляет подумать о существенном влиянии зольного субстрата на функциональные особенности формирования корневой системы на отвалах.

И. И. Колосов (1962) пишет, что очень важно хорошее развитие стержневого корня, так как опытами установлено, что стержневой корень, на примере кормовых бобов, подает в надземные части фосфора в несколько раз больше, чем боковые корни. В условиях же золоотвалов главный корень очень рано затормаживается в своем росте, что безусловно неблагоприятно отражается на процессах жизнедеятельности растения.

Количество боковых корней

Одним из показателей формирования и деятельности корневой системы является ее ветвление, т. е. количество боковых корней.

Хорошее развитие корневой системы, а следовательно, и всего растения, в огромной степени, как было сказано выше, зависит от условий произрастания: питания, водо- и воздухообеспеченности. Так, достаточное количество фосфора влияет благотворно не только на развитие корневой системы, но и надземных органов и усиление деятельности корневой системы. Азот и фосфор способствует интенсивному ветвлению корней.

И. Г. Серебряков (1952) пишет, что ветвление корней зависит от влажности и температуры. При пониженной температуре и подсыхании почвы ветвление корней прекращается. Наряду с NPK и Са для роста и развития корней имеют также значение и микроэлементы.

Количество боковых корней существенно варьирует по годам жизни и фазам вегетации. Л. И. и Л. Л. Голодковские (1937) считают, что количество боковых корней увеличивается с возрастом.

Наблюдения за развитием корней бобовых на золоотвале позволили установить длину и количество скелетных корней у изучаемых видов бобовых по годам в динамике.

Как было сказано выше, корневая система бобовых на золоотвалах не достигает большей глубины. В. Г. Ротмистров (1939) утверждает, что прекращение роста вглубь происходит тогда, когда корни достигают сухого слоя почвы, а прекращение прироста вглубь ведет к образованию и ветвлению боковых корней. И чем дальше длится отсутствие прироста вглубь, тем больше образуется боковых корней.

Наши наблюдения на золоотвале ЮУГРЭС позволяют провести ряд сравнений по характеру ветвления корней люцерны, по фазам вегетации и годам жизни (табл. 2.).

В 1-й год жизни люцерны на золоотвале в основном находится в фазе вегетации, редко переходит к цветению. Ветвление корней в первый год жизни очень немногочисленно. Во 2-й год жизни ин-

Таблица 2

**Рост корневой системы по фазам вегетации и годам жизни растений ЮУГРЭС
(в среднем на 1 растение)**

Фазы развития		Вегетация			Цветение			Плодоношение		
		кол-во боковых корней 1-го порядка	общая длина боковых корней 1-го порядка, см	длина корневой системы, см	количество боковых корней 1-го порядка	общая длина боковых корней 1-го порядка, см	длина корневой системы, см	кол-во боковых корней 1-го порядка	общая длина боковых корней 1-го порядка, см	длина корневой системы, см
Виды бобовых и годы жизни	Годы жизни									
Люцерна синегриб- ная	2-й	2,5	38,5	65,9	2,6	101,6	138,5	3,9	132,0	174,3
	3-й	4,0	138,2	170,0	4,8	211,0	262,8	4,9	280,3	323,9
	4-й	2,4	48,6	82,9	2,9	126,8	173,8	—	—	—
Эспарцет песчаный	2-й	5,5	139,6	175,6	4,0	125,0	158,2	4,4	162,3	204,4
	3-й	2,7	36,2	72,5	6,7	169,1	217,9	9,5	457,7	502,8
	4-й	2,5	30,3	54,5	2,1	121,0	193,7	5,6	291,8	344,4
Донник белый	2-й	4,3	144,8	172,1	6,3	137,5	174,2	2,7	53,7	88,7

тенсивного увеличения количества крупных корней также не наблюдалось. Лишь к фазе плодоношения количество корней увеличилось с 2,5 до 3,9. Наибольшее количество боковых корней — 4,9, а с главным корнем — 5,9 наблюдается у люцерны 3-го года жизни в фазе плодоношения. У люцерны на золоотвалах наиболее часто встречаются 5—6 крупных корней, не превышающих длины 50—60 см. Далее идут многочисленные тонкие корни последующих порядков.

Корневая система песчаного эспарцета состоит из главного корня, который в пахотном или в подпахотном горизонте сходит на нет, разделяясь на несколько скелетных корней с хорошо развитой мелкой корневой системой. Такая корневая система в наибольшей степени обладает способностью скреплять почву.

Н. Г. Хорошайлов (1940), отмечает, что эспарцет имеет более мощный главный корень, чем люцерна, а на глубине корень эспарцета менее выразителен, чем у люцерны.

В почвенных условиях скелетная часть корневой системы эспарцета в основном формируется в 1-й год жизни. В последующие годы не происходит новообразования толстых боковых корней.

По исследованиям Э. С. Масандилова (1958), большинство видов и сортов эспарцета не уступает люцерне по общему количеству корней, накапливаемых в пахотном слое почвы и в то же время превосходит ее более, чем в 1,5 раза по количеству мелких активных корней. Наличие корней, содержащих большое количество кальция, делает эспарцет лучшим структурообразователем.

В условиях золоотвала не наблюдается формирования всех основных скелетных корней в 1-й год жизни.

В течение 2-го и 3-го годов жизни последовательно идет увеличение количества корней, и в фазе плодоношения оно равно в среднем 9,5, что, конечно, не велико. Таким образом, в условиях золоотвала количество корней эспарцета превышает количество корней люцерны. Так же, как и в почвенных условиях, на стержневых корнях эспарцета развивается большое количество мелких, но довольно толстых (диам. 2—3 мм) белых корешков. Эту способность эспарцета отмечает А. С. Сусаров (1952). Он пишет, что эспарцет с самой весны дает густую сеть хрупких нежных корешков. Такая корневая система в наибольшей степени обладает способностью скреплять почву.

Длина корней

Для жизнедеятельности растения важно развитие всей корневой системы, величина ее общей протяженности. Этим обеспечивается увеличение поглотительной деятельности корней и, следовательно, увеличение синтеза, идущего в корнях.

Специальные работы по общей протяженности корней бобовых отсутствуют, за исключением работы Г. П. Масалкиной (1954). Большинство работ посвящено определению длины корней растений хлебных злаков.

Н. А. Максимовым (1958), Дитмер (Ditmer, 1937) и другими изучалась длина корней ржи озимой, пшеницы яровой и овсяга. Опыты показали, что длина корней у полевых культур измеряется десятками метров и доходит до сотни метров в 1 дм³ почвы, причем сильно варьирует в зависимости от ее влажности (Колосов, 1962).

Длина корней имеет важное значение не только для самого растения, но и для структурообразовательных процессов почвы. От длины корней зависит микробиологическая насыщенность субстрата. Г. П. Масалкина (1954) пишет, что распределение микроорганизмов в почве прямо пропорционально общей длине корней, следовательно, их длина является важным показателем влияния корней на свойства почвы. Она же отвечает, что корни люцерны распределяются по длине равномерно и в пахотном и подпахотном горизонте и достигают большой длины: в 1 м³ почвы — 62,5 км корней.

Мощную, глубоко развивающуюся корневую систему имеет и донник белый. По словам Н. И. Фольмер (1940), корневая система донника пронизывает самые грубые почвы, обогащает их легко разлагающимися органическими веществами, улучшает физические свойства.

Отмечая хорошее развитие корневой системы донника на различных почвах, Н. Саламатин (1959) пишет, что общая длина его корневой системы в 2,5 раза превышает длину корней люцерны.

Измерение длины корней на золоотвале КТЭЦ в 1-й год жизни

показало, что средняя длина корня люцерны 15,85 см, корень донника имеет гораздо большую длину — 25,7 см.

На золоотвале ЮУГРЭС корень люцерны в 1-й год жизни имеет длину 15,4 см, корень эспарцета 18,06 см (табл. 3).

Таблица 3

Изменение длины корневой системы по фазам вегетации и годам жизни растений, см

Фазы вегетации	Виды									
	Люцерна синегридная				Эспарцет песчаный				Донник белый	
	Годы жизни									
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й
Вегетативная фаза										
Длина главного корня	—	27,4	31,8	34,3	—	36,0	36,7	24,2	—	27,3
Средняя длина боковых корней	—	15,4	34,5	43,4	—	25,4	36,2	30,3	—	33,7
Наибольшая длина корней	15,8	30,7	52,4	42,3	18,1	50,2	44,4	24,2	25,7	39,2
Цветение										
Длина главного корня	—	37,0	51,7	47,0	—	33,2	48,8	72,7	—	36,7
Средняя длина боковых корней	—	39,0	43,8	43,8	—	31,1	25,3	42,1	—	21,8
Наибольшая длина корней	—	48,2	74,4	63,6	—	48,6	53,7	89,8	—	53,9
Плодоношение										
Длина главного корня	—	42,2	43,6	—	—	42,0	48,1	49,6	—	25,0
Средняя длина боковых корней	—	33,8	57,5	—	—	37,0	47,9	51,3	—	19,1
Наибольшая длина корней	—	52,2	69,9	—	—	65,9	66,7	60,3	—	30,5

Я. Л. Яценко (1951) отмечает особенно быстрый рост корней эспарцета в 1-й год жизни, чем он объясняет высокую засухоустойчивость этой культуры.

Как уже было сказано выше, залегание корней всех изучаемых культур в течение ряда лет на одной глубине на золоотвале ЮУГРЭС говорит о существенном влиянии субстрата, который как бы нивелирует ряд показателей. По длине же корней эспарцет

Таблица 4

Длина корней люцерны, эспарцета и донника во 2-й год жизни, см

Виды бобовых	Фазы развития		
	Вегетация	Цветение	Плодоношение
Люцерна синегридная	75,21	138,55	174,26
Донник белый	155,27	176,19	78,70
Эспарцет песчаный	175,50	158,16	211,39

значительно превосходит люцерну. Способность эспарцета развивать большую корневую систему бесспорно стала решающим условием его успешного произрастания на золоотвале ЮУГРЭС.

Наращение общей длины корневой системы донника, эспарцета и люцерны во 2-й год жизни выглядит следующим образом.

В фазе вегетации общая длина корневой системы донника больше общей длины корневой системы люцерны в 2,06 раза, в фазе цветения — в 1,2 раза. В фазе плодоношения корневая система донника уменьшается, так как происходит отмирание корней, связанное с завершением жизненного цикла донника, как двухлетнего растения.

Общая длина корневой системы эспарцета значительно превосходит длину корневой системы люцерны и донника. И ее нарастание происходит в течение всего вегетационного периода так же, как и у люцерны.

Таким образом, наращивание длины корневой системы в условиях золоотвала происходит не так, как в почвенных условиях, где уже в 1-й год жизни корневая система сформирована и корни достигают значительной длины, а постепенно в течение всей жизни растения.

Толщина корней

Различные экологические условия произрастания растений на золоотвалах Южно-Уральской ГРЭС и Красногорской ТЭЦ значительно повлияли и на такие показатели корней, как толщина корневой шейки — диаметр стержневого корня, распространение корней в стороны и т. д.

Обычно в верхней части у двухлетней люцерны диаметр стержневого корня редко превышает 3—4 мм, а у старовозрастной — диаметр может достигать 15—20 мм и больше (Ларин и другие, 1951). Диаметр верхней части стержневого корня очень важный показатель развития люцерны. По данным Ф. М. Куперман и Е. И. Ржановой (1963), органом возобновления и отложения запасных питательных веществ у многолетней люцерны служит верхняя часть стержневого корня, который бывает очень мощным и уходит глубоко в почву.

В условиях золоотвала КТЭЦ у люцерны 2-го года жизни диаметр стержневого корня равен 6 мм, 3-го года — 12 мм, 4-го — 29,2 мм, 5-го — 30,4 мм, следовательно, в условиях данного зольного субстрата верхняя часть корневой шейки люцерны по толщине даже превосходит таковую у люцерны, выращенной на почве.

Таким образом, можно сделать вывод о постепенном, но интенсивном росте стержневого корня и увеличении толщины его в течение 5 лет. Причем диаметр стержневого корня увеличился значительно: с 1-го по 5-й год в 17 раз, длина же стержневого корня за этот же период возросла в 7,8 раза. Обращает на себя внимание тот факт, что наиболее сильный прирост диаметра и длины

корней отмечается на 4—5-й год жизни. Очевидно, с годами растение приспосабливается к условиям существования, извлекая из большого объема золы жизненно важные элементы питания и необходимое количество влаги.

По данным П. А. Костычева (1895), в культурных посевах эспарцет обладает следующими параметрами: толщина главного корня у корневой шейки — 1,3 см, в наших условиях — 0,63 см. Длина главного корня соответственно 170 см и 35,99 см, толщина боковых корней 0,2—0,7 см, у нас 0,1—0,4 см, ширина распространения корней в стороны 100 см, у нас — 60 см. Высота растений при этом в обычных условиях 60 см, у нас — 47,18 см.

Данные измерений показывают, что в условиях золоотвала формируется корневая система по ряду показателей гораздо меньшая, чем у растений в обычных почвенных условиях.

Такие показатели, как толщина корневой шейки, боковых корней, их количество, длина главного и боковых корней значительно варьируют по годам жизни и гораздо меньше по фазам вегетации, что зависит от условий питания, густоты травостоя, влажности, плотности субстрата и погодных условий.

Корневая система люцерны чрезвычайно пластична, в зависимости от условий она способна развиваться вглубь и в ширину.

Масса корней

Существует мнение, что в неблагоприятных почвенных условиях корневая система развивается более интенсивно, корни располагаются на большей площади, пронизывают большие объемы почвы в поисках элементов питания.

И. В. Ларин и М. Ф. Ширнина (1953) пишут, что на 3-й год жизни люцерна развивает корневую массу до 143 ц/га, что соответствует 462 кг азота. Е. Т. Музычкин (1959) на Предкавказских черноземах получил урожай корней люцерны 2-го года без полива — 57 ц/га (сухой массы).

По данным Н. А. Качинского (1925), урожай корней люцерны составил 73,6 ц/га. Примерно столько же получено Н. З. Станковым (1950) — 78,0 ц/га.

Ряд авторов утверждает, что большое количество корней развивают растения в засушливых условиях.

Длительное время изучая развитие люцерны на песчаных засушливых землях юго-востока, А. Е. Иванов и О. А. Зейферт (1964) наблюдали, что люцерна на песчаных почвах развивает мощную корневую систему — запасы корней в пятилетнем возрасте превышают урожай надземной массы в 3—6 раз.

Условия золоотвалов являются именно засушливыми и в основном неблагоприятными для жизни растений.

На мощных черноземах Чкаловской области с травами двухгодичного пользования при урожае сена — 29,1—41,1 ц/га накапливается в почве 55,5—78,2 ц корней. Эспарцет при урожае сена

148 ц/га оставляет в почве корневых остатков до 170 ц/га, а при урожае 38 ц/га всего 35,4 ц корней.

А. Р. Гиль (1962) отмечает, что донник 1-го года жизни образует 72 ц/га, а второго года — 98,4 ц/га корней в почве.

Это важнейшее свойство многолетних трав, в том числе и бобовых, накапливать в почве органическую массу особенно ценно для субстратов, подобных золе, начисто лишенных органической части.

Таблица 5

Корневая насыщенность многолетних трав, выращенных на золоотвале ЮУГРЭС, ц/га

Виды	Годы жизни								
	2-й			3-й			4-й		
	Фазы развития								
	Вегетация	Цветение	Плодоношение	Вегетация	Цветение	Плодоношение	Вегетация	Цветение	Плодоношение
Люцерна синегридная	102,6	83,7	135,0	62,0	61,0	120,0	—	78,2	125,3
Эспарцет песчаный	—	107,7	112,0	55,5	73,7	76,4	—	86,4	58,3
Донник белый	—	16,2	35,1	—	—	—	—	—	—

П. К. Иванов (1950) пишет, что вес корней многолетних трав с возрастом значительно увеличивается. Особенно значительно прирост корней возрастает от 1-го года ко 2-му, а после 3-го года может уменьшиться. Количество органических остатков трав в почве зависит в значительной степени от климатических условий.

Наблюдения над люцерной в условиях золоотвала ЮУГРЭС показали усиленный рост корней в первый год жизни. Темп роста корней в 3 раза превосходит темп роста надземной массы люцерны, а у эспарцета в 3,7 раза.

На золоотвале КТЭЦ нам удалось проследить накопление люцерной корней в течение 5 лет.

Таблица 6

Динамика веса корней люцерны по годам жизни на золоотвале КТЭЦ (сырой вес в г на 1 растение)

Годы жизни	Вес			Общий вес корней
	скелетных корней	тонких корней	клубеньков	
1-й	0,4	0,1	0,3	0,8
2-й	9,9	14,7	0,8	25,4
3-й	56,1	20,2	0,7	77,4
4-й	324,6	238,1	16,2	578,9
5-й	707,0	89,7	25,0	821,7

Данные таблицы говорят о том, что накопление корней на золе с годами возрастает очень интенсивно.

Наши наблюдения не дают возможности утверждать, что засушливые почвенные условия способствуют увеличению массы корней. На золоотвалах корней меньше, чем в почвенных условиях. Более вероятно все же, что специфические условия и недостаток влаги затормаживают наращивание корневой массы. На золоотвалах, так же как и на почве, вес корней с возрастом значительно увеличивается. В большей степени это зависит от места произрастания. Так, на различных золоотвалах красногорском и южноуральском, накопление корневой массы шли по-разному. Объясняется это, очевидно, способностью растений с годами все больше приспосабливаться к необычным условиям существования. Такого же мнения, что и после 3-го года масса корней продолжает возрастать, придерживается А. Е. Иванов и О. А. Зейферт (1964).

Изучение насыщенности золы корнями данных растений (табл. 5) позволяет сказать, что количество корней, остающихся в золе, сравнительно невелико.

О причинах меньшей массы корней на благоприятных субстратах говорит Н. З. Станков (1964). Обобщая данные многолетних исследований, Н. З. Станков делает ряд выводов. Отсутствие или недостаток в почве азота, фосфора и калия специфически сказывается на росте корневой системы. Корней первого порядка образуется много, но они приостанавливают свой рост, когда достигают 2—3 мм. Производительность работы поглощающей поверхности без азота самая низкая, биохимическая деятельность корневой системы замирает. Недостаток фосфора сказывается на уменьшении поверхности корней. Производительность работы корней более высокая, чем без азота. С исключением калия корневая система по размерам поглощающей поверхности ближе к контрольному варианту. Таким образом, на золоотвалах — субстратах неблагоприятных, масса корней меньше, чем в почвенных условиях.

Рассмотрев ряд свойств, присущих люцерне синегибридной, эспарцету песчаному и доннику белому, можно сказать, что формирование, рост и жизнедеятельность корневых систем данных растений в необычной среде существования — зольном субстрате — претерпевают значительные изменения.

Проведенные восьмилетние наблюдения на отвалах, сформированных золами углей различных месторождений и в различных климатических зонах, позволяют сделать некоторые выводы, характеризующие рост и жизнедеятельность корневых систем трех многолетних бобовых растений в специфической среде.

ВЫВОДЫ

1. Индивидуальные свойства золы углей различных месторождений существенно сказываются на морфологических и ростовых свойствах корней многолетних бобовых растений.

2. Наблюдения показали, что глубина проникновения корней многолетних бобовых растений на золоотвалах значительно меньше, чем в обычных почвенных условиях.

3. На более увлажненных и более богатых элементами минерального питания субстратах корни всех трех бобовых культур проникают на большую глубину, чем на менее влажных и менее питательных. Так на золоотвале КТЭЦ корни люцерны достигали 170 см, а на золоотвале ЮУГРЭС глубина проникновения корней не превышала 40 см.

4. Многочисленные наблюдения позволяют отметить торможение роста в длину главного стержневого корня растения, приблизительно равного длине боковых корней, благодаря чему утрачивается ярко выраженная стержневая форма корневой системы, присущая бобовым.

5. Количество боковых корней у бобовых в зольном субстрате меньше, чем в обычных почвенных условиях, так у люцерны — 4,9. Из трех изученных культур наибольшим количеством боковых корней обладает эспарцет песчаный 9,5.

6. Общая длина корневой системы эспарцета значительно превосходит длину корневой системы люцерны и донника: во 2-й год жизни к фазе плодоношения длина корней донника была 88,7 см, люцерны — 174,26 см, а эспарцета — 204,39 см.

7. В условиях золоотвала растения бобовых развивают меньшую корневую массу, чем на почве. По годам жизни происходит значительное увеличение массы корней растений. Наиболее близкую почвенным показателям массу корней накапливает эспарцет песчаный.

ЛИТЕРАТУРА

Гиль А. Р., 1962. К вопросу накопления органического вещества в почве при возделывании различных культур. Изв. Иркутского с.-х. института, вып. 19.

Гладкий М. Ф., 1950. Эспарцет. М., Сельхозгиз.

Голодковский Л. И. и Голодковский Л. Л., 1937. Корневая система люцерны и плодородие почвы. СоюзНИХИ, Ташкент.

Добрынин Г. М., 1955. К методике изучения биологии корней растений. — Бот. журн., т. 40, № 5.

Иванов А. Е. и Зейферт О. А., 1964. Люцерна на песчаных землях засушливого юго-востока. — «Животноводство», № 2.

Иванов П. К., 1950. Влияние многолетних трав на структуру и водный режим почвы. — «Почвоведение», № 1.

Иоффе Р. Я., 1950. К вопросу восстановления плодородия почв при культуре люцерны. — Доклады института хлопка и хлопковой промышленности. Ташкент.

Карашук И. М. и Тихонов М. С., 1950. Возделывание многолетних трав. Воронеж.

Куперман Ф. М. и Ржанова Е. И., 1963. Биология развития растений, № 8. М., «Высшая школа».

Колосов И. И., 1962. Поглощительная деятельность корневых систем бобовых. М., АН СССР.

Ларин И. В. и Ширнина М. Ф., 1953. Особенности биологии и агротехники люцерны в Ленинградской области. — «Кормовая база», № 1.

Ларин И. В., 1956. Луговое и пастбищное хозяйство. М., Сельхозгиз.

Ларин И. В. и др., 1951. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР, т. 2. М. — Л., Сельхозгиз.

Лебедев П. В. и Углов Н. П., 1961. Биология и агротехника лугопастбищных трав. Свердловск, Свердловское книжное изд-во.

Мамлина Т. Д., 1956. Опыт выращивания в культуре некоторых видов многолетних бобовых трав.— В сб. научных работ Курганского с-х. института, вып. 3. Курган.

Масалкина Г. П., 1954. О длине корней многолетних кормовых трав, высеванных в чистом виде и в смеси.— «Земледелие», № 1.

Масандилов Э. С., 1958. Эспарцет.— «Агробиология», № 2 (110).

Овеснов А. М., 1959. Новые кормовые травы в Пермской области. Пермь, Пермское книжное изд-во.

Ротмистров В. Т., 1939. Возделывание люцерны в степи.— «Зерновое хозяйство», № 4.

Саламатин Н., 1959. Новый резерв белкового корма.— «Сельское хозяйство Сибири», № 12.

Серебряков И. Г., 1952. Морфология вегетативных органов. М., «Сов. наука».

Станков Н. З., 1964. Корневая система полевых культур. М., «Колос».

Савельев Н. М., 1960. Биология возделывания семенной люцерны в Западной Сибири. М., АН СССР.

Скрепинский А. И., 1951. Эспарцет на юго-востоке СССР. Саратов.

Сусаров А. С., 1952. Эспарцет на юго-востоке. Чкалов.

Судакевич Ю. Е., 1947. Влияние климатических факторов на семенную продуктивность люцерны.— «Селекция и семеноводство», № 7.

Фольмер Н. Н., 1940. О культуре донника в Саратовской области.— «Советская агрономия», № 11—12.

Хорошайлов Н. Г. 1940. Корневая система эспарцета.— «Вестник социалистического растениеводства», № 3.

Шалыт М. С., 1960. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ. Полевая геоботаника, т. 2. М.—Л., АН СССР.

Яценко Я. Л., 1951. Биологические и морфологические особенности эспарцета.— В сб.: Эспарцет. М., Сельхозгиз.
